

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number; 2000-265241

(43)Date of publication of application : 26.09.2000

(51)Int.Cl.

C22C 38/00  
C22C 38/24  
C22C 38/60

(21)Application number : 11-071074

(71)Applicant : DAIDO STEEL CO LTD

(22)Date of filing : 16.03.1999

(72)Inventor : INOUE KOICHIRO  
NAKAMURA SADAYUKI

## (54) NON-HEAT TREATED STEEL FOR INDUCTION CONTOUR HARDENING GEAR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a non-heat treated steel for induction contour hardening gear, capable of providing homogeneous hardened layer structure even if a hardening process by ultrashort-time heating, that is, an induction contour hardening process is adopted and capable of providing a gear product having high rolling contact fatigue strength, at the time of manufacturing a gear by using the non-heat treated steel as a material and applying hot forging and successive machining to it.

**SOLUTION:** The steel has a composition consisting of, by weight, 0.45-0.8% C, 1.0-2.0% Si, 0.1-1.5% Mn, 0.05-1.0% Cr, 0.05-0.3% V, 0.015-0.05% sol.Al, and the balance Fe with impurities. This steel satisfies the condition of (hardenability index)= $1.2-1.4 \times C(\%) - 0.28 \times Mn(\%) - 0.49 \times Cr(\%) \leq 0.3$ , and the tempering hardness of the hardened material at 300° C is regulated to  $\geq HV600$ . This steel can further contain either or both of the following optional additive elements: (I) 0.0005-0.005% B and 0.005-0.05% Ti; and (II)  $\leq 0.2\%$  S and/or  $\leq 0.1\%$  Te.

### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.01.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 30.01.2007

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-265241

(P2000-265241A)

(43)公開日 平成12年9月26日(2000.9.26)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

C 22 C 38/00  
38/24  
38/60

識別記号

3 0 1

F I

C 22 C 38/00  
38/24  
38/60

テーマコード(参考)

3 0 1 H

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全6頁)

(21)出願番号

特願平11-71074

(22)出願日

平成11年3月16日(1999.3.16)

(71)出願人

000003713  
大同特殊鋼株式会社

愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号

(72)発明者 井上 幸一郎

大阪府吹田市昭和町27-20

(72)発明者 中村 貞行

三重県三重郡朝日町大字柿3094

(74)代理人 100070161

弁理士 須賀 総夫

(54)【発明の名称】 高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼

(57)【要約】

【課題】 非調質鋼を材料とし、熱間鍛造とそれに続く機械加工により歯車を製造する場合、高周波輪郭焼入れという超短時間加熱の焼入れ法を採用しても均質な硬化層組織が得られ、高いころがり接触疲労強度を有する歯車製品を与えることを可能にする高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼を提供すること。

【解決手段】 重量で、C:0.45~0.8%, S:0.0~2.0%, Mn:0.1~1.5%, C<sub>r</sub>:0.05~1.0%, V:0.05~0.3%およびsol-A1:0.015~0.05%を含有し、残部がFeおよび不純物からなる鋼であって、焼入性指数=1.2-1.4×C(%) - 0.28×Mn(%) - 0.49×C<sub>r</sub>(%) ≤ 0.3の条件を満たし、かつ焼入れ後の材料の300°Cにおける焼戻し硬さがHV600以上であるものを用いる。この鋼はさらに、つぎの任意添加元素の一方または両方を含有してもよい。

(I) B:0.0005~0.005%およびT<sub>i</sub>:0.005~0.05%、ならびに (II) S:0.2%以下および(または) T<sub>e</sub>:0.1%以下。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量で、C:0.45~0.8%, Si:1.0~2.0%, Mn:0.1~1.5%, Cr:0.05~1.0%, V:0.05~0.3%およびsol-A1:0.015~0.05%を、下記の焼入性指数の条件を満たす割合で含有し、

$$\text{焼入性指数} = 1.2 - 1.4 \times C(\%) - 0.28 \times Mn(\%) - 0.49 \times Cr(\%) \leq 0.3$$

残部がFeおよび不純物からなり、焼入れ後の材料の300°Cにおける焼戻し硬さがHV600以上であること

を特徴とする高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼。

【請求項2】 重量で、C:0.45~0.8%, Si:1.0~2.0%, Mn:0.1~1.5%, Cr:0.05~1.0%, V:0.05~0.3%およびsol-A1:0.015~0.05%を、下記の焼入性指数の条件を満たす割合で含有し、

$$\text{焼入性指数} = 1.2 - 1.4 \times C(\%) - 0.28 \times Mn(\%) - 0.49 \times Cr(\%) \leq 0.3$$

さらに、B:0.0005~0.005%およびTi:0.005~0.05%を含有し、残部がFeおよび不純物からなり、焼入れ後の材料の300°Cにおける焼戻し硬さがHV600以上であることを特徴とする高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼。

【請求項3】 重量で、C:0.45~0.8%, Si:1.0~2.0%, Mn:0.1~1.5%, Cr:0.05~1.0%, V:0.05~0.3%およびsol-A1:0.015~0.05%を、下記の焼入性指数の条件を満たす割合で含有し、

$$\text{焼入性指数} = 1.2 - 1.4 \times C(\%) - 0.28 \times Mn(\%) - 0.49 \times Cr(\%) \leq 0.3$$

さらに、S:0.2%以下および(または)Te:0.1%以下を含有し、残部がFeおよび不純物からなり、焼入れ後の材料の300°Cにおける焼戻し硬さがHV600以上であることを特徴とする高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼。

【請求項4】 重量で、C:0.45~0.8%, Si:1.0~2.0%, Mn:0.1~1.5%, Cr:0.05~1.0%, V:0.05~0.3%およびsol-A1:0.015~0.05%を、下記の焼入性指数の条件を満たす割合で含有し、

$$\text{焼入性指数} = 1.2 - 1.4 \times C(\%) - 0.28 \times Mn(\%) - 0.49 \times Cr(\%) \leq 0.3$$

さらに、B:0.0005~0.005%およびTi:0.005~0.05%、ならびに、S:0.2%以下および(または)Te:0.1%以下を含有し、残部がFeおよび不純物からなり、焼入れ後の材料の300°Cにおける焼戻し硬さがHV600以上であることを特徴とする高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼に関し、くわしくは、熱間鍛造により歯車形状に成形され、必要に応じて機械加工を行なったのち高周波焼き入れによる表面硬化処理を施して、非調質のまま歯車製品とする鋼に関する。本発明で「歯車」の語は、次に例示するような広い意味を有する。

## 【0002】

【従来の技術】たとえば自動車エンジンの変速ギア、無段変速機用の転動体その他の機械部品であつて広義の歯車形状を有するものを、熱間鍛造後の焼入れ・焼戻し処理を省略して製造しようとする場合、中炭素鋼に微量のVを添加した合金組成の非調質鋼が好んで使用されている。このような非調質鋼の鍛造品の中でも高い接触疲労強度が要求される部品には、熱間鍛造および機械加工の後、高周波焼入れを行なって表面を硬化させることが一般的である。

【0003】しかし、中炭素鋼に微量のVを添加した従来の非調質鋼は、初析フェライト面積率が高く、均質な高周波焼入れ組織を得るためには、十分長い時間加熱する必要があった。

【0004】一方、近年確立された高周波輪郭焼入れによれば、0.1~1.0秒間という超短時間の加熱で部品の表層だけを焼入れすることができる。この技術で処理した焼入れ材は、表層部に高い圧縮残留応力が加わるため、高い強度が得られるのが特徴である。ところが、従来の非調質鋼は長時間の加熱を必要とするため、短時間の加熱に特色のある高周波輪郭焼入れでは、均質な硬化層を得ることができず、強度が低い製品しか得られないことが多い。調質鋼を使用し、熱間鍛造後に焼入れ・焼戻しをすれば、高周波輪郭焼入れによって均質な硬化層を得られるものの、非調質鋼のものコストメリットを享受することができない。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記のような事情にかんがみてなされたものであつて、その目的は、熱間鍛造後に必要に応じて機械加工を行なって所望の部品形状としたものを、焼入れ・焼戻しをすることなく超短時間加熱の高周波輪郭焼入れし、均質な硬化層組織を得て、高いころがり接触疲労強度を有する歯車製品を与えることのできる高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成する本発明の高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼は、基本的な合金組成として、重量で、C:0.45~0.8%, Si:1.0~2.0%, Mn:0.1~1.5%, Cr:0.05~1.0%, V:0.05~0.3%およびsol-A1:0.015~0.05%を、下記の焼入性指数の条件を満たす割合で含有し、

$$\text{焼入性指数} = 1.2 - 1.4 \times C(\%) - 0.28 \times Mn(\%)$$

(%) - 0. 49 × Cr (%) ≤ 0. 3

残部がFeおよび不純物からなり、焼入れ後の材料の300°Cにおける焼戻し硬さがHV600以上であることを特徴とする。

【0007】

【発明の実施形態】本発明の高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼は、上記した必須成分からなる合金組成に加えて、さらに、下記のグループIおよびIIの任意添加成分の一方または両方を含有することができる。

(I) B : 0. 0005~0. 005%およびTi : 0. 005~0. 05%

(II) S : 0. 2%以下および(または) Te : 0. 1%以下。

【0008】これらの任意添加成分を含有する合金においても、上記の焼入性指数の条件が満たされ、かつ焼入れ後の材料の焼戻し硬さの下限が確保されなければならないことは、もちろんである。

【0009】合金組成について、以下に必須成分および任意添加成分の作用と組成範囲の限定理由を説明する。

【0010】C : 0. 45~0. 8%

Cは鋼の強度を得るために重要な元素であり、高周波焼き入れ後の表面硬さを確保し、静的強度や曲げ疲労強度および転がり接触疲労強度を向上させるためには、通常の炭素鋼S40CやS45CのC量より高い、0. 45%以上を添加する必要がある。一方、C量が0. 80%の共析点を超えると、かえって表面硬さが低下して強度の向上がはかれない上、初析セメントイトが生成して韌性を損なうので、0. 8%を上限とした。

【0011】Si : 1. 0~2. 0%

Siは、溶製時に脱酸剤として添加するほか、300°C以下の温度における焼戻し軟化抵抗を高め、転がり接触疲労強度を高めるはたらきがある。歯車類は使用条件によって、ある程度の温度に長時間さらされることが多く、低温での焼戻し軟化抵抗性の高低は、重要な問題である。これらの作用を期待して、1. 0%以上のSiを添加する。多量になると、被削性、熱間加工性、高周波焼入れ性を低下させるので、2. 0%までの添加に止める。

【0012】Mn : 0. 1~1. 5%

Mnも溶製時に脱酸剤として作用する。また、高周波焼入れ性を高める元素であって、この効果を期待するには、0. 1%以上の添加を要する。過剰に添加すると、熱間鍛造後にベイナイトが生成して被削性が著しく低下するので、上限を1. 5%とした。

【0013】Cr : 0. 05~1. 0%

CrはMnと同様に高周波焼き入れ性を向上させる元素であるが、多量の添加は、やはりベイナイトの生成を引き起こし、素材の硬さを高めて被削性、加工性を損なう。効果の認められる0. 05%を下限とし、ベイナイト生成の弊害が生じない限度の1. 0%を上限とした。

【0014】V : 0. 05~0. 3%

Vは熱間鍛造後、空冷時に炭窒化物を形成し、これが微細に析出して強度を高める作用があり、はじめに記したように、焼入れ・焼戻しをすることなく強度を発現しなければならない被調質鋼にとって、Vは必須の元素である。歯車は芯部の強度も高いことが望ましく、それに対しVの存在が役立つ。この効果を得るために0. 05%以上のVの添加が必要である。多量に添加すると硬さを高めすぎるし、経済的にも不利になるから、0. 3%までの添加が得策である。

【0015】Al : 0. 015~0. 05%

Alは溶製時に脱酸剤として作用させる元素であって、アルミニウム鋼の製造には0. 015%以上の添加が必要である。しかし過大な添加は、介在物の増加を招き、韌性や疲労強度の低下をひきおこすから、添加量は0. 05%までの範囲で選ぶ。

【0016】任意添加元素の作用と組成範囲の限定理由は、つきのとおりである。

B : 0. 0005~0. 005%

20 Bは、焼入れ性を高めて、安定した硬化層深さを得るために役立つとともに、MnおよびCrの量の変化とともに焼入れ性の変動を、効果的に抑制する。Bを0. 0005%以上添加すれば、この効果を安定して得ることができる。過剰に添加してもかえって効果が減少するので、上限値0. 005%までの添加に止めるべきである。

【0017】Ti : 0. 005~0. 05%

Tiは鋼中のNと結合してTiN化合物を生成し、BN化合物の生成を抑制するから、Bのもつ焼入れ性向上効果を側面から支援するはたらきがある。このため、Bを添加する場合、通常はTiも適量を、あわせて添加する。ただし多量のTiの存在は、韌性や疲労強度の低下をもたらすので、それを避けるため0. 05%を上限値とした。Nとの関係は、Ti/N ≥ 3. 4であることが好ましい。

【0018】S : 0. 2%以下

Te : 0. 1%以下

これらは被削性を高める元素であって、機械加工が工程に含まれる歯車の製造に当たっては、添加することが望ましい。そこでSおよびTeを、それぞれ0. 2%または0. 1%の範囲内で、単独で、または複合して添加する。上限値は、これら元素の添加が製品の機械的性質の低下を招かない限度、という観点から定めた。

【0019】焼入性指数の条件：焼入性指数 = 1. 2 - 1. 4 × C (%) - 0. 28 × Mn (%) - 0. 49 × Cr (%) ≤ 0. 3

この式で定義される焼入性指数が0. 3を超えると、熱間鍛造後の初析フェライトが多量になり、超短時間の加熱では均質な硬化層の生成を望めないから、高周波焼

50 入れ後の強度が不十分になる。

焼入れ後の材料の300°Cにおける焼戻し硬さ: HV 600以上

【0020】この条件を満たさない鋼は焼戻し軟化抵抗が低いため、転がり接触の間に歯車の転がり面の温度が上昇したときに、焼戻されて硬さが低下し、短時間で破損に至るおそれがある。HV 600以上の鋼は、このような転がり面の硬さの低下が小さく、高い転がり接触疲労強度を示す。

\* [0021]

【実施例】表1に示す合金組成の鋼を高周波誘導炉で溶解し、150kgのインゴットに鋳造した。表1には挙げなかったが、各鋼は、通常の鋼に通常含有される不純物である、P: 0.03%以下、Cu: 0.35%以下、Ni: 0.2%以下、N: 0.03%以下およびO: 0.003%を含有している。

\* [0022]

表 1

No.	C	Si	Mn	Cr	V	sol-A1	B	Ti	その他
実施例									
1	0.46	1.25	1.20	0.15	0.15	0.028	—	—	—
2	0.55	1.30	1.20	0.15	0.14	0.028	—	—	—
3	0.75	1.25	1.21	0.14	0.15	0.021	—	—	—
4	0.60	1.05	1.20	0.15	0.13	0.023	—	—	—
5	0.55	1.61	0.60	0.34	0.15	0.020	—	—	—
6	0.55	1.83	0.25	0.81	0.15	0.024	—	—	—
7	0.55	1.52	1.20	0.15	0.28	0.025	—	—	—
8	0.54	1.92	1.20	0.08	0.15	0.027	—	—	S: 0.10
9	0.55	1.31	1.20	0.15	0.05	0.021	—	—	S: 0.05
									Te: 0.001
10	0.55	1.54	1.21	0.14	0.15	0.025	0.0015	0.025	—
11	0.54	1.53	1.20	0.16	0.15	0.045	0.0013	0.023	S: 0.10
12	0.54	1.66	1.20	0.15	0.15	0.026	0.0015	0.024	S: 0.05
									Te: 0.001
比較例									
A	0.40	1.21	1.20	0.10	0.15	0.024	—	—	—
B	0.85	1.20	1.20	0.10	0.14	0.028	—	—	—
C	0.55	0.60	1.20	0.10	0.15	0.026	—	—	—
D	0.55	2.51	1.20	0.10	0.15	0.022	—	—	—
E	0.55	1.21	0.25	1.20	0.15	0.028	—	—	—
F	0.54	1.20	1.20	0.10	0.40	0.022	—	—	—
G	0.55	1.30	1.20	0.15	0.14	0.028	—	—	—
H	0.55	1.21	1.20	0.10	0.15	0.005	—	—	—
I	0.56	1.19	1.20	0.10	0.15	0.063	—	—	—
J	0.46	1.24	0.70	0.10	0.16	0.024	—	—	—
K	0.55	1.18	1.20	0.10	0.16	0.024	—	—	S: 0.26
									Te: 0.05
L	0.55	1.21	1.20	0.10	0.15	0.024	0.0015	0.100	—
M	0.55	1.23	1.20	0.11	0.14	0.025	0.0015	0.024	S: 0.27
									Te: 0.05

【0023】転がり接触疲労強度を評価するため、ローラーピッティング試験を行なった。上記のインゴットを1200°Cで熱間鍛造して直径32mmの丸棒にし、丸棒を相互に熱的な影響を与えないような距離に置いて、室温まで冷却した。冷却後の各丸棒から直径26mmの円筒形の試験片を削り出し、つぎの条件で、高周波輪郭焼入れ処理を行なって、周波数: 150 KHz 方式: 定置焼き入れ 電力: 600 kW 焼戻し: なし

その表面に有効硬化層深さ（硬さ500HV以上が得られる試験片表面からの距離）約1mmの焼入れ層を形成した。ローラーピッティング試験は、つきの条件で実施した：

相手材: SCM418浸炭材製ディスク（直径130mm、周囲に150rのクラウニングを施してある）  
面圧: 2.94 GPa 回転数: 1500 rpm  
滑り率: -40% 油温: 80°C  
50 評価: 試験片表面にピッティングが発生するまでの時

間。

【0024】被削性を評価するため、旋削試験を行なった。上記した150kgのインゴットを直径90mmの丸棒に鍛造し、1100°Cに1時間保持する焼ならし処理によって、非調質鍛造のシミュレーションとした。その後、焼きならしまで直径86.4mmの円柱状試験片に加工し、つきの条件で切削加工した：

\* 工具：超硬P10 切削速度：200m/min.  
送り：0.2mm 切りこみ：2mm  
切削油：なし 寿命判定：VB = 0.2mm  
以上の転がり接触疲労試験および被削性の試験結果を、焼入れ性指数および焼戻し硬さの値とともに、表2に示す。

\* 【0025】

表 2

No.	焼入れ性指数	焼戻し硬さ (HV)	転がり接触 疲労強度	被削性 実施例2基準
実施例				
1	0.15	600	5.20	1.32
2	0.02	662	≥10	1.00
3	-0.26	783	≥10	0.59
4	-0.05	668	9.40	0.93
5	0.10	693	≥10	1.09
6	-0.04	716	≥10	0.92
7	0.02	684	≥10	0.65
8	0.05	718	≥10	1.89
9	0.02	663	≥10	2.84
10	0.02	686	≥10	0.91
11	0.03	679	≥10	1.94
12	0.03	692	≥10	2.42
比較例				
A	0.26	558	0.93	1.68
B	-0.38	841	5.72	0.39
C	0.04	591	2.43	1.18
D	0.04	785	≥10	0.51
E	-0.18	656	≥10	0.43
F	-0.23	653	≥10	0.47
G	0.06	645	≥10	0.32
H	0.04	653	6.17	1.02
I	0.03	657	5.15	0.99
J	0.31	599	2.11	1.72
K	0.04	650	0.87	2.99
L	0.04	653	0.76	1.02
M	0.04	655	0.79	3.04

【0026】実施例1～12の鋼は本発明の要件をすべて充足するものであって、疲労強度および被削性ともすぐれている。快削元素を添加した態様においては、被削性がとくに改善されている。

【0027】これに対し、比較例の各鋼は、つきのように何らかの欠点が認められる。まずA鋼は、C含有量が少ないため硬化層の焼き入れ硬さが低く、強度が劣る。B鋼は逆にC含有量が多すぎるため、初析セメンタイトが生成してこれが強度を下げている。また、鍛造後硬さが高く、被削性が悪い。C鋼はSi含有量が低いために焼戻し硬さが600HVに届かず、かつ強度が低い。

【0028】D, E, FおよびGの各鋼は、それぞれSi, Mn, CrおよびVの含有量が高すぎるため、熱間

鍛造後の素材の硬さが上がりすぎて、被削性がひどく悪くなっている。

【0029】H鋼はsol-A1含有量が低すぎるため熱間鍛造後の結晶粒が粗大化し、その結果、強度が低下している。逆にsol-A1含有量が高すぎるI鋼も強度が低いが、これはA1の窒化物が過剰に生成したためである。

【0030】J鋼は、各合金成分の量は範囲内であるが、焼入れ性指数が大きすぎるため、加熱が超短時間の高周波輪郭焼入れでは均質な硬化層組織が得られず、ために強度が低い。K鋼は快削元素S, Teの添加量が過大であるため、被削性は著しく改善されたが、強度不足に陥っている。M鋼も同様である。

【0031】L鋼は、Ti含有量が多すぎてTiの炭窒

化物が多量に生成し、これが介在物として強度の低下を引き起こしている。

【0032】

【発明の効果】本発明の高周波輪郭焼入歯車用非調質鋼は、合金組成を適切に選ぶとともに焼入れ性指数を特定の値以下におさえ、かつ一定の焼戻し硬さを確保することにより、熱間鍛造後、焼入れ焼戻しをする必要のない

非調質鋼であって、しかも超短時間の加熱で均質な硬化層組織を得ることができるから、高周波輪郭焼入れという新しい手法のもたらす利益を享受して、強度の高い歯車を製造することを可能にする。適量の快削元素を添加した好ましい態様の鋼は、上記の利益に加えて、被削性が良好であって歯車の製造に実質上不可欠な機械加工が容易であるという利点がある。